

МИКРОСХЕМЫ ДЛЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Широкий спектр выпускаемых НПО "Интеграл" микросхем используется в качестве элементной базы в современных источниках питания, что позволяет применять последние в стационарной, переносной, автомобильной и другой радиоэлектронной аппаратуре. Интегральные микросхемы (ИМС) линейных и импульсных стабилизаторов напряжения, а также управления импульсными источниками питания не конкурируют между собой, а расширяют область применения интегральной элементной базы, позволяя создавать источники питания с техническими характеристиками, оптимизированными для каждого конкретного случая применения.

Большинство электронных систем функционируют с использованием источников питания постоянного тока. Маломощные устройства, такие как сотовые телефоны, ноутбуки, переносные радиоприемники и другие работают на батареях или аккумуляторах, которые также вырабатывают постоянный ток. Для источников питания радиоэлектронного оборудования, как правило, требуется преобразование стандартного электропитания переменного тока (220 В, 50 Гц или 110 В, 60 Гц) в напряжение постоянного тока. Существуют три основных типа преобразователей напряжения (ПН) [1]: нерегулируемый, регулируемый и импульсный (рис.1).

В простом нерегулируемом источнике питания (рис.1а) трансформатор преобразовывает входное переменное напряжение в низкое напряжение (обычно 6–24 В). Затем переменное напряжение подается на выпрямитель, на выходе которого протекает пульсирующий ток, и включенный в цепь конденсатор сглаживает пульсации.

В регулируемый источник питания (рис.1б) добавлен электронный регулятор выходного напряжения. Таким регулятором может стать ИМС линейного или импульсного стабили-

затора напряжения. Регулятор создает стабильное требуемое выходное напряжение.

Импульсный источник питания (рис.1в) широко применяется в телевизорах, компьютерах, видеомагнитофонах и другой радиоэлектронной аппаратуре. В таких источниках питания используется прерыватель, который преобразует входное напряжение частотой 50 или 60 Гц в высокочастотное напряжение (обычно 20–500 кГц). Высокочастотное напряжение преобразуется импульсным трансформатором в напряжение требуемой величины, затем выпрямляется и сглаживается. На выходе схемы также устанавливаются регуляторы на основе линейных или импульсных стабилизаторов напряжения. Преимущество импульсного источника питания в том, что нет необходимости в громоздком и массивном низкочастотном трансформаторе. Трансформаторы, которые работают на частоте 20 кГц и более, в несколько раз меньше по габаритам и массе, чем низкочастотные. Обычно в прерыватель включен выпрямитель сетевого переменного напряжения, ИМС управления импульсным источником питания со схемой обрاملения, а также со встроенным или наружным MOSFET.

Таким образом, в зависимости от выполняемых функций ИМС для источников питания можно разделить на:

- ИМС линейных стабилизаторов напряжения;
- ИМС управления импульсными источниками питания;
- ИМС импульсных стабилизаторов напряжения.

Кристаллы ИМС для источников питания изготавливаются по биполярной, КМОП-, КДМОП-, БиКМОП-, БиКДМОП-технологиям. Биполярная технология была первой технологией создания аналоговых ИМС. На ее основе достаточно просто реализуются ИМС силовой электроники со всеми необходимыми функциями. КМОП-технология позволяет создавать ИМС с низким током потребления. БиКМОП сочетает в себе преимущества биполярной и КМОП-технологий. ДМОП-транзисторы имеют повышенные пробивные напряжения. ИМС, изготовленные по КДМОП- и БиКДМОП-технологиям, позволяют создавать высоковольтные ИМС.

А.Белоус, С.Ефименко,
В.Сякерский, С.Шведов

ИМС ЛИНЕЙНЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПЯЖЕНИЯ

Как известно, линейный стабилизатор напряжения – это ИМС, которая преобразует нестабилизированное напряжение, подаваемое на вход, в стабилизированное напряжение требуемой величины на выходе. У идеального стабилизатора значение выходного напряжения не зависит от изменения величин входного напряжения, тока нагрузки, от температуры и от времени. Типовая структура стабилизатора содержит следующие стандартные блоки:

- *выходной каскад*, обеспечивающий требуемое значение тока нагрузки;
- *источник опорного напряжения*, формирующий опорное напряжение, величина которого не должна зависеть от изменений входного напряжения, от температуры, от времени;
- *схему сравнения*, которая сравнивает величины опорного напряжения с выходным (или частью выходного) и управляет выходным каскадом для обеспечения этого равенства. Функции схемы сравнения обычно выполняет дифференциальный каскад со схемой управления или операционный усилитель;
- *схемы защиты*, необходимые для надежного функционирования ИМС стабилизатора при перегреве кристалла, при аварийном коротком замыкании нагрузки, превышении допустимого значения входного напряжения. Для автомобильных стабилизаторов напряжения обязательно наличие дополнительной функции защиты от "переплюсовки" (ошибочной смены полярности).

В идеале интегральный стабилизатор напряжения должен обеспечивать величину выходного напряжения, не зависящую от уровня входного напряжения, выходного тока, температуры, времени и прочих внешних факторов. Собственный ток потребления такого стабилизатора напряжения должен быть равен нулю. Состав и количественные характеристики основных параметров линейных ИМС стабилизаторов напряжения [2, 3] представлены в табл. 1.

Мощные выходные каскады ИМС стабилизатора напряжения обеспечивают требуемую величину тока нагрузки (от единиц и десятков миллиампер для маломощных стабилизаторов до единиц и десятков ампер для мощных). Через выходные каскады ИМС стабилизатора напряжения протекают гораздо большие токи, чем собственный ток потребления микросхемы. Поэтому при больших токах необходимо принимать специальные технические решения по охлаждению корпуса ИМС.

Очень важно, чтобы стабилизатор напряжения работал при минимально возможной разности напряжений между входным нестабилизированным и выходным стабилизированным, т.е. значение параметра "Остаточное напряжение" (Dropout Voltage) должно быть минимальным, поскольку в этом случае и мощность, рассеиваемая на выходных каскадах, будет минимальной $P=U_{ds} \cdot I_{\text{вых}}$.

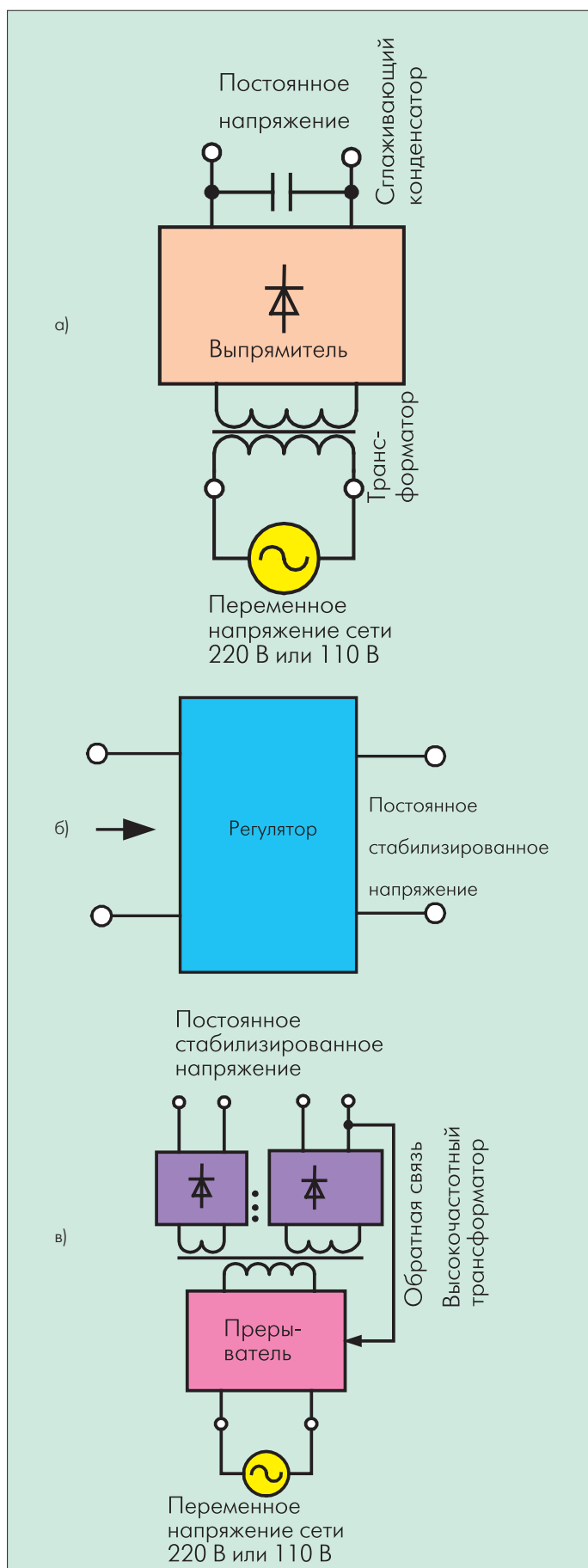


Рис. 1. Основные варианты применения преобразователей напряжения в структуре источников питания: а) нерегулируемый ПН; б) регулируемый ПН; в) импульсный ПН

Таблица 1. Параметры ИМС линейных стабилизаторов напряжения

Параметр	Определение и описание	Обозначение	Единица измерения
Выходное напряжение	Выходное напряжение стабилизатора при заданной температуре (обычно 25°C) и нагрузке (обычно номинальной)	$U_{\text{ВЫХ}}, U_{\text{OUT}}$	В
Начальная точность установки выходного напряжения	Максимальный разброс значений выходного напряжения стабилизатора от образца к образцу при заданной температуре	$\frac{\Delta U_{\text{ВЫХ}}}{V_{\text{ОБГ}}}$	% (мВ)
Собственный ток потребления	Ток потребления ИМС стабилизатора без учета тока нагрузки, $I_{\text{ПОТ}} = I_{\text{ВЫХ}} - I_{\text{ВХ}}$	$I_{\text{ПОТ}}, I_{\text{D}}$	мА (мкА)
Выходной ток	Максимальное рабочее значение тока, отдаваемое в нагрузку	$I_{\text{ВЫХ}}, I_{\text{OUT}}$	мА (мкА)
Нестабильность по входному напряжению	Относительное изменение выходного напряжения при изменении входного напряжения, приведенное к 1В изменения входного напряжения, при отсутствии других дестабилизирующих факторов ($I_{\text{ВЫХ}} = \text{const}, T = \text{const}$ и др.), $K_U = \frac{U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{ВЫХ}0}}{U_{\text{ВВХ}} - U_{\text{ВВХ}0}} \cdot 100\%$	$K_U, \text{Regline}$	% / В (мкВ/В, мкВ, мВ)
Нестабильность по току нагрузки	Относительное изменение выходного напряжения при изменении выходного тока, приведенное к 1 А изменения выходного тока, при отсутствии других дестабилизирующих факторов, $K_I = \frac{U_{\text{ВЫХ}} - U_{\text{ВЫХ}0}}{U_{\text{ВЫХ}} \cdot I_{\text{ВЫХ}} - I_{\text{ВЫХ}0}} \cdot 100\%$	$K_I, \text{Regload}$	% / А, (мВ/А, мВ, мкВ)
Дрейф выходного напряжения	Изменение выходного среднеквадратичного напряжения во времени при заданной температуре. Измерения проводятся при температуре 25°C после выдержки образца в течение длительного времени (1000 ч) при повышенной температуре, $\Delta U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}1} - U_{\text{ВЫХ}2}}{U_{\text{ВЫХ}0}} \cdot 100\% (10^6)$	$\Delta U_{\text{ВЫХ}}(t), \Delta U_0(t)$	% / 1000ч, ppm/1000ч
Коэффициент сглаживания пульсаций	Отношение амплитуды колебаний синусоидального входного напряжения к амплитуде колебаний синусоидального выходного напряжения заданной частоты (100 или 120 Гц), выраженное в децибелах, $K_{\text{СГ}} = 20 \lg \frac{\Delta U_{\text{ВВХ}}}{\Delta U_{\text{ВЫХ}}}$	$K_{\text{СГ}}, R_R$	дБ
Температурный коэффициент напряжения	Отношение изменения выходного напряжения к вызвавшему его изменению температуры, нормированное на значение выходного напряжения при T=25°C, $\alpha U_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}(T2)} - U_{\text{ВЫХ}(T1)}}{U_{\text{ВЫХ}}(25^\circ\text{C}) (T2 - T1)} \cdot 100\% (10^6)$	$\alpha U_{\text{ВЫХ}}, \alpha U_{\text{OUT}}$	% / °C, (ppm / °C)
Остаточное напряжение	Разность между минимальным входным напряжением и минимальным выходным напряжением при неизменных других дестабилизирующих факторах (T°C, I _{OUT})	$U_{\text{ПД МИН}}, U_{\text{DS}}$	В (мВ, мкВ)
Напряжение шума на выходе (действующее или от пика к пику)	Напряжение шума (среднеквадратичное или от пика к пику) на выходе в заданной полосе частот при заданной температуре (как правило, задаются полосы частот 0,1–10 Гц и 10 Гц–10 кГц при T=25°C)	$U_{\text{Ш Вых}}, E_n$	мкВ

Существует несколько классических схемотехнических вариантов реализации выходных каскадов ИМС стабилизаторов напряжения: схема Дарлингтона, ррр-транзистор, схема Шиклай, р-МОП-транзистор. Основные преимущества и недостатки каждого из этих вариантов представлены в табл. 2.

В микросхемах линейных стабилизаторов, которые выпускаются НПО "Интеграл", используются все четыре типа схем выходных каскадов.

Основные параметры всех типонаименований ИМС линейных стабилизаторов напряжения представлены в табл. 3, а параметры ИМС для автомобильной электроники – в табл. 4.

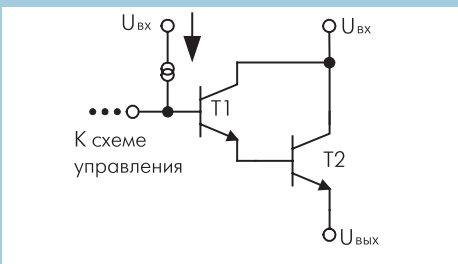
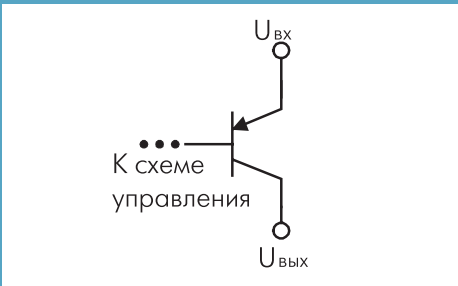
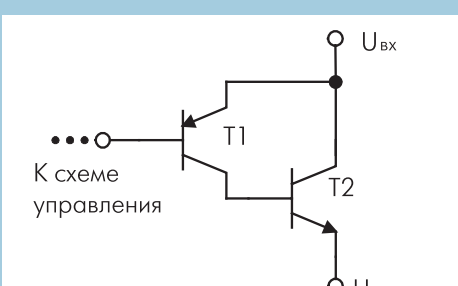
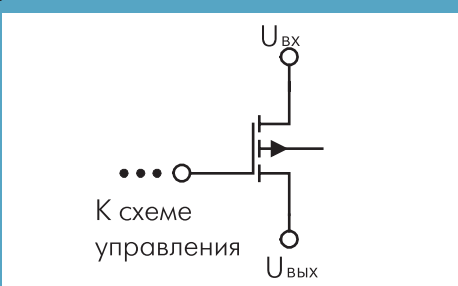
ИМС УПРАВЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ПИТАНИЯ

Основной недостаток рассмотренных выше линейных стабилизаторов – большая мощность, рассеиваемая на проход-

ном транзисторе, что ограничивает область их применения. Импульсные источники питания обеспечивают большую мощность в нагрузке при высоком коэффициенте полезного действия (КПД) и малых габаритах. В отличие от линейных стабилизаторов, в импульсных источниках питания проходной транзистор переключается с большой частотой (20 кГц–5 МГц). Ключевой транзистор коммутирует индуктивный элемент (обмотку трансформатора либо дроссель), в котором накапливается энергия, пропорциональная времени открытого состояния транзистора. После закрытия ключевого транзистора энергия, накопленная в индуктивном элементе, передается в нагрузку. Благодаря тому, что на проходном транзисторе не происходит падения напряжения ($U_{\text{ВХ}} - U_{\text{ВЫХ}}$), импульсные ИМС рассеивают гораздо меньшую мощность по сравнению с линейными стабилизаторами. При этом импульсные источники питания имеют более высокий КПД.



Таблица 2. Сравнительный анализ различных схемотехнических решений выходных каскадов микросхем стабилизаторов напряжения

Схема выходного каскада	Преимущества	Недостатки
<p>1) Схема Дарлингтона</p>  <p>Один ррп-транзистор в ИМС стабилизаторов напряжения не используется</p>	<p>Высокое значение величины коэффициента усиления на составном транзисторе $\beta = \beta_1 \cdot \beta_2$ обеспечивает повышенный выходной ток при малом значении тока базы транзистора T_1</p>	<p>Большое значение величины остаточного напряжения: $U_{ds} = 2U_{\text{бэ}} + U_r$, где U_r – напряжение на генераторе тока. Норма на величину параметра U_{ds} составляет от 2,5 до 3,0 В</p>
<p>2) ррп-транзистор</p> 	<p>Низкое значение остаточного напряжения, равное напряжению насыщения ррп-транзистора, $U_{ds} = 0,05-1,0$ В</p>	<p>Низкое значение величины коэффициента усиления ррп-транзистора может привести к увеличению собственного тока потребления ИМС стабилизатора или к снижению величины выходного тока</p>
<p>3) Схема Шиклай</p> 	<p>Более низкое значение собственного тока потребления стабилизатора по сравнению с ррп-транзисторами на выходном каскаде</p>	<p>Повышенное значение остаточного напряжения $U_{ds} = U_{\text{кэ } T_1} + U_{\text{бэ } T_2} \approx 0,8-2,0$ В (U_{ds} среднее между схемами (1) и (2))</p>
<p>4) р-МОП</p>  <p>р-МОП-транзистор используется в КМОП-стабилизаторах</p>	<p>Низкое значение остаточного напряжения $U_{ds} = 0,05-1,0$ В</p>	<p>Низкая нагрузочная способность р-МОП-транзистора</p>

Большая частота переключения позволяет использовать индуктивные элементы с низкими значениями параметров и, соответственно, малых размеров. Кроме того, пульсирующее напряжение большой частоты можно сгладить емкостью небольшого значения. В качестве ключа используется мощный, быстродействующий MOSFET, который по своим характеристикам предпочтительнее биполярного транзистора. Количество энергии, передаваемой во вторичную цепь, регулируется изменением времени включения MOSFET таким

образом, что выходное напряжение источника питания не зависит от изменения нагрузки.

Поскольку сигнал управления мощным транзистором, выдаваемый с микросхемы, представляет собой последовательность прямоугольных импульсов с шириной, пропорциональной управляющему сигналу, то такие микросхемы называют еще ШИМ-контроллерами или ИМС управления импульсными источниками питания. Структурная схема, поясняющая работу импульсного источника питания, приведена на рис.2 [5].

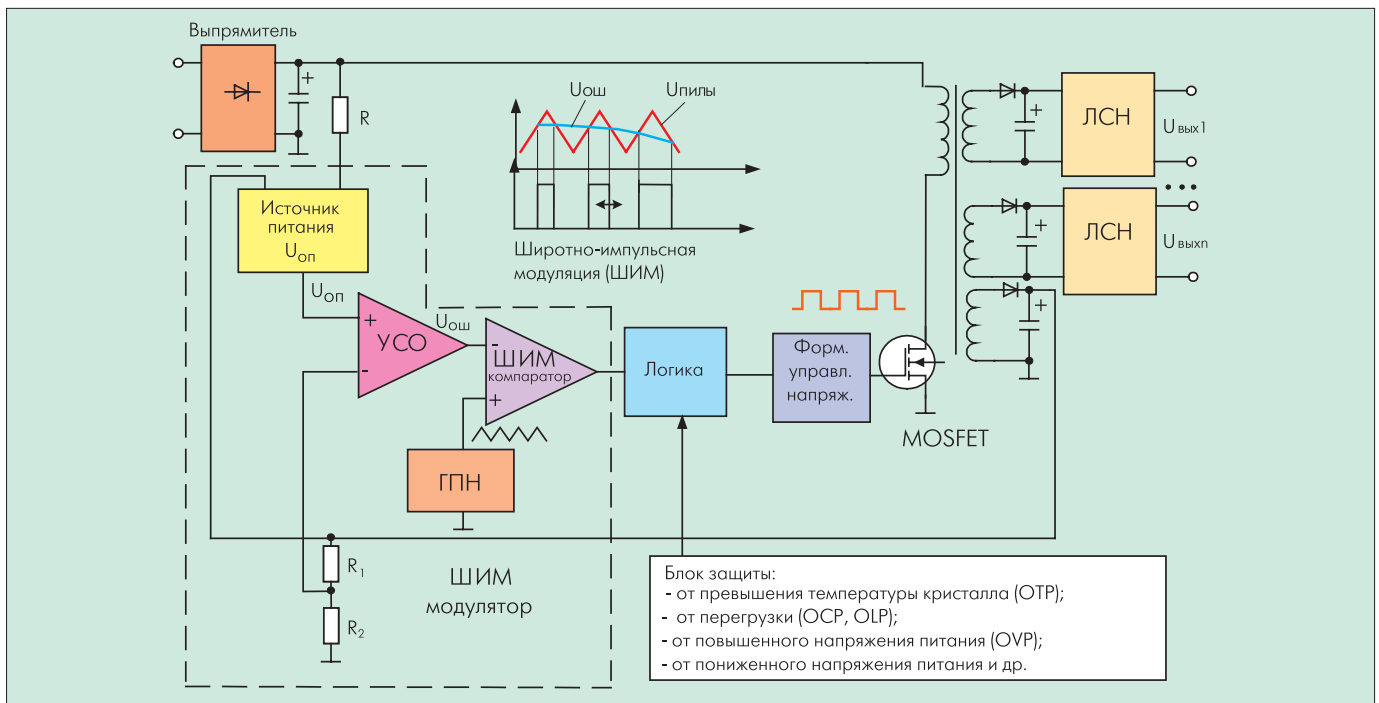


Рис.2 . Сравнительный анализ различных схмотехнических решений выходных каскадов микросхем стабилизаторов напряжения

Таблица 3. Основные параметры ИМС линейных стабилизаторов напряжения

Схема выходного каскада	Тип микросхемы	$U_{\text{вых}}, \text{ В} \pm \Delta U_{\text{вых}}, \%$	$I_{\text{вых}}, \text{ А}$	$U_{\text{пд мин}}, \text{ В}$	$K_{\text{ц}}, \%$ / В	$K_{\text{т}}, \%$ А	$I_{\text{потр}}, \text{ мА}$	Корпус	Технология
Каскад Дарлингтона	IL78XX, (1244ЕНХХ)	(5,0; 6,0; 8,0; 9,0; 12; 15; 18; 24) $\pm 4\%; \pm 2\%$	1,5	2,5–3,0	0,05	1,0	10	КТ-28-2; 4116.4-3	Биполярная
	IL79XX, (1253ЕИ/ХХ)	(-5,0; -5,2; -6,0; -8,0; -12; -15; -18, -24); $\pm 2\%; \pm 4\%$	1,5	2,5–3,0	0,05	1,0	10	КТ-28-2; 4116.4-3	Биполярная
	IL317, (1252ЕР1Т)	Регулируемое внешним делителем 1,2–3,7; $\pm 4\%$	1,5	2,5–3,0	0,03	0,67	0,1	КТ-28-2; 4116.4-3	Биполярная
Схема Шиклай	Сдвоенные стабилизаторы ILA8133А	5,1 $\pm 2\%$; 8 $\pm 2\%$	1	1,4–2,0	0,14–0,37	3,33–5,2	2	ТО220/АВ7	Биполярная
	ILA8137	5,1 $\pm 2\%$; 5,1 $\pm 2\%$	1	1,4–2,0	0,14	3,33	2	ТО220/АВ7	Биполярная
	ILA8138А	5,1 $\pm 2\%$; 12 $\pm 2\%$	1	1,4–2,0	0,14–0,25	3,33–3,47	2	ТО220/АВ7	Биполярная
	IL1086- 3,3 (К1234ЕН3АП)	3,3 $\pm 1\%$	1,5	1,5	0,023	0,303–0,505	0,12	КТ-28-2	Биполярная
	IL1085	Регулируемое $U_{\text{оп}}=1,25\pm 1\%$	3	1,5	0,015–0,033	0,1–0,133	0,12	КТ-28-2	Биполярная
	IL1084	Регулируемое $U_{\text{оп}}=1,25\pm 1\%$	5	1,5	0,015–0,033	0,06–0,08	0,12	КТ-28-2	Биполярная
	IL1083, 1264ЕНХХ, 1264ЕР1	Регулируемое $U_{\text{оп}}=1,25\pm 1\%$	7,5	1,5	0,015–0,033	0,04–0,053	0,12	КТ-9	Биполярная
	IL1581	Регулируемое $U_{\text{оп}}=1,25\pm 0,6\%$	10	$\leq 0,43^*/\leq 1,35$	0,025–0,064	0,08	0,12	ТО220/ АВ7	Биполярная
IL52XX (в разработке)	1,2; 1,8; 2,5; 2,85; 3,0; 3,3; 5,0; Регулируемое $U_{\text{оп}}=1,24 \pm 1\%$	0,8	1,1–1,2	0,018–0,023	0,375–0,5	10 0,12		Биполярная	
рпр-транзистор	IL2931Z IL2931AZ (К1235ЕН3)	3,3; 5,0; 9,0 Регулируемое; $\pm 3,8\%; \pm 5\%$	0,1	0,2–0,6	0,028– 0,03	10,5	1–30	КТ-28-2	Биполярная
	IL2954 (К1268ЕН3АП; К1268ЕН5П)	3,3 $\pm 1,2\%$; 5,0 $\pm 1,2\%$	0,25	0,1–0,8	0,008– 0,0154	0,8	0,15–33	КТ-28-2	Биполярная
	IL2940 (К1267ЕН5П; К1267ЕН12П)	5,0 $\pm 3\%$; 12,0 $\pm 3\%$	1,0	0,15–1,0	0,052–0,083	1,05	15–60	КТ-28-2	Биполярная
	Серия IL42XX	5,0 $\pm (2-3)\%$	0,1–0,55	0,5–0,7	См. таблицу 4 [4]			Биполярная	
рМОП- транзистор	IZ1734	3,3 $\pm 2\%$; 5,0 $\pm 2\%$	0,3	0,4–0,47	0,186 0,12	0,2–0,26	$20 \cdot 10^{-3}$	Бескорп.	КМОП
	IZ1735	3,3 $\pm 2\%$; 5,0 $\pm 2\%$	0,5	0,51–0,65	0,186 0,12	1,82–2,0	$20 \cdot 10^{-3}$	Бескорп.	КМОП

* При раздельном питании рпр- и рпр-транзисторов схемы Шиклай.

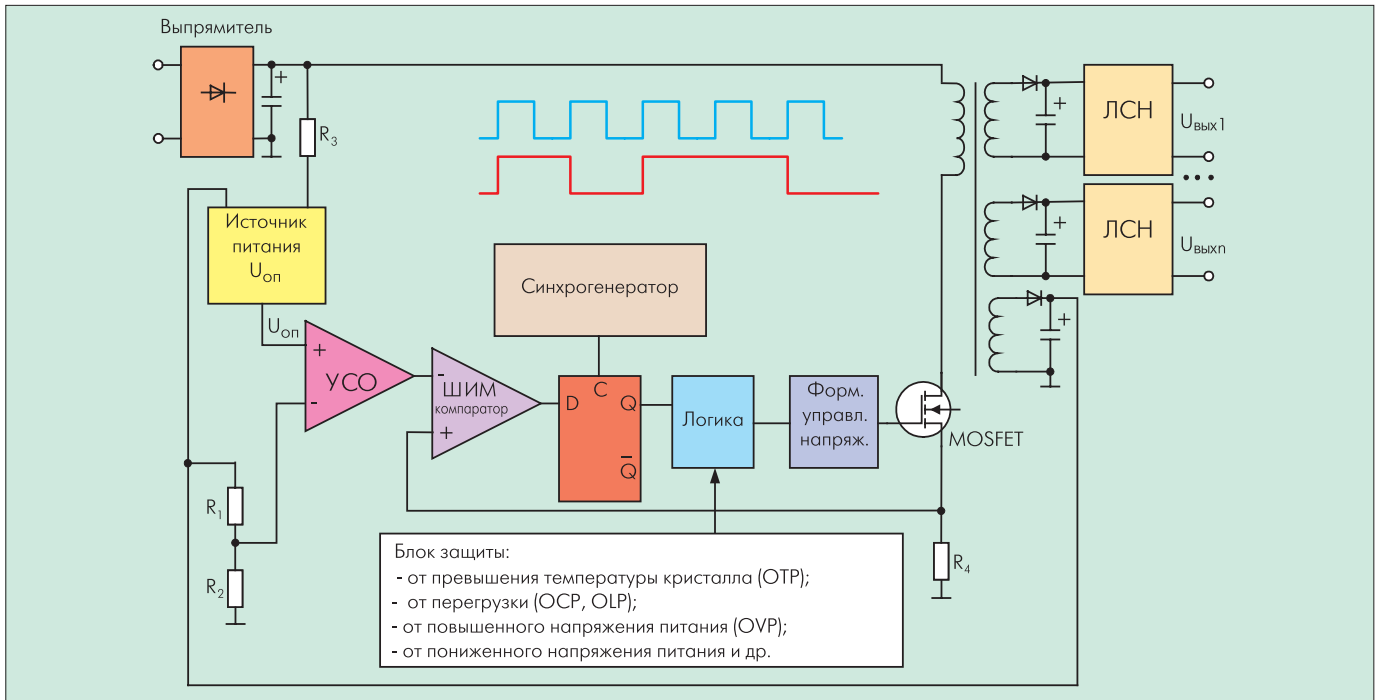


Рис.3. Схема импульсного источника питания с использованием ШИМ-контроллера с дополнительной обратной связью по току

Выпрямитель сглаживает пульсации напряжения сети. Микросхема контроллера с импульсным источником питания, как правило, включает в себя источник питания с блоками опорного напряжения ($U_{оп}$), усилитель сигнала ошибки (УСО), ШИМ-компаратор, генератор пилообразных напряжений, блок логики, формирователь управляющих напряжений, блок защиты от повышенной температуры кристалла, повышенного выходного тока и тока короткого замыкания, повышенного и пониженного напряжения питания сети.

Источник питания ИМС имеет источник опорного независимого от температуры напряжения, который служит для

формирования напряжения питания всех блоков ИМС и для выработки опорного напряжения. Опорное термостабилизированное напряжение подается на усилитель сигнала ошибки, на второй вход которого поступает выпрямленный сигнал со вторичной обмотки импульсного трансформатора. Усиленная разница сигналов поступает на ШИМ-компаратор и сравнивается с напряжением, которое вырабатывает генератор пилообразных напряжений (ГПН). На выходе ШИМ-компаратора появляется прямоугольный сигнал в случае, если пилообразное напряжение превышает напряжение сигнала ошибки $U_{ощ}$. Таким образом, чем выше напряжение

Таблица 4. Основные параметры ИМС стабилизаторов напряжения для автомобильной электроники

Типо-номинал	Выходное напряжение, В	Остаточное напряжение, В	Выходной ток, мА	Макс. выходной ток, мА	Макс. входное напряжение, В		Дополнительные функции и характеристики	Корпус
					рабочее	предельное		
ILE4260 ILE4260-2	5±5% 5±2%	≤ 0,5	500 250	500 500	32 32	42 (65В, t≤0,4с) 42 (65 В, t≤0,4с)	Функция сброса с задержкой	P-TO220-5-2
ILE4264G	5±2%	≤ 0,5	100	120	45	45		P-SOT223-4-1
ILE4266G	5±2%	≤ 0,5	100	120	45	45	Вход запрета	P-SOT223-4-2
IZ4264-2	5±2%	≤ 0,5	100	120	45	45	Очень низкий ток потребления	Бескорпусная (усл. P-SOT223-4-1)
IZ4266-2	5±2%	≤ 0,5	100	120	45	45	Вход запрета, очень низкий ток потребления	Бескорпусная (усл. P-SOT223-4-2)
ILE4267G	5±2%	≤ 0,5	400	500	40	42 (60 В, t≤0,4с)	Функция сброса, логические входы управления включением-выключением	P-TO220-7-180
ILE4267S	5±2%							P-TO220-7-230
ILE4268G	5±2%	≤ 0,5	150	180	45	45	Функция сброса и функция слежения за микроконтроллером, зависящая от нагрузки (Watchdog)	P-DSO-20-6
ILE4270G	5±2%	≤ 0,7	550	650	42	42 (65 В, t≤0,4с)	Функция сброса с задержкой	P-TO263-5-1
ILE4270S	5±2%							P-TO220-5-12
ILE4271G	5±2%	≤ 0,7	550	650	42	42 (65 В, t≤0,4с)	Функция сброса с задержкой, функция слежения за микроконтроллером, вход запрета	P-TO220-7-180
ILE4271S	5±2%							TO-220-7-230

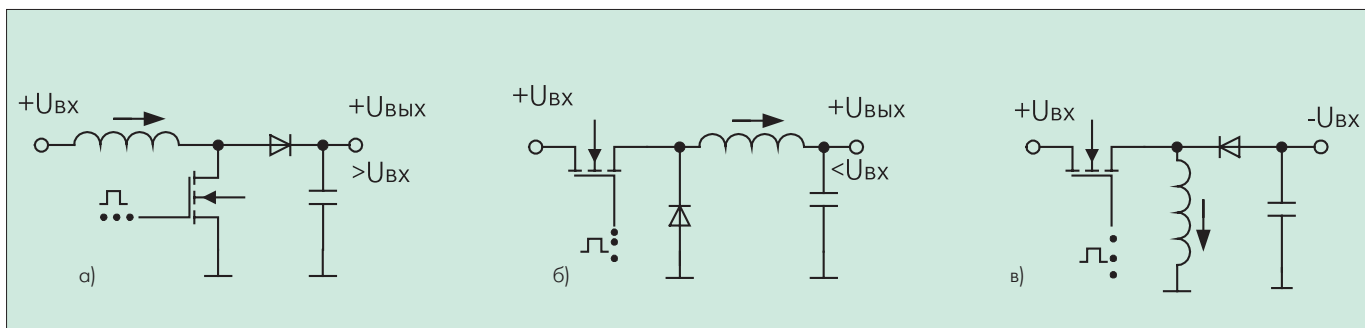


Рис.4. Виды импульсных стабилизаторов напряжения: а) повышающий; б) понижающий; в) инвертирующий

сигнала $U_{осл}$, тем меньше длительность импульса на выходе ШИМ-компаратора. Так происходит широтно-импульсная модуляция. Этот сигнал проходит блок логики, усиливается и подается на затвор мощного MOSFET. MOSFET может быть отдельным полупроводниковым прибором или входить в состав ИМС.

На блок логики поступает сигнал с блока защит. Как правило, в ИМС управления импульсными источниками питания имеются схемы защиты от повышенной температуры кристалла, от повышенного тока нагрузки и короткого замыкания в нагрузке, от скачков сетевого напряжения.

В последнее время широкое распространение получили контроллеры с обратной связью по току (Current mode) (рис.3). При таком регулировании силовой ключ выключается, когда ток первичной обмотки трансформатора достигает некоторого порогового значения, которое задается выходным сигналом усилителя ошибки. Частотно-импульсная модуляция (ЧИМ), также используемая в импульсных источниках питания, реализуется путем уменьшения частоты (вырезанием) каждого второго, третьего импульса ШИМ-модулятора. Как правило, это делается в случае уменьшения тока нагрузки для снижения собственного тока потребления микросхемы (так называемый "зеленый" режим работы ИМС).

Основные характеристики ИМС управления импульсными стабилизаторами напряжения производства "Интеграл" приведены в табл. 5.

ИМПУЛЬСНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПЯЖЕНИЯ (DC-DC-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ)

Импульсные стабилизаторы содержат такие же функциональные блоки, что и ИМС управления импульсными источниками питания, но вместо трансформатора используется индуктивность, а обратная связь по напряжению берется не со вторичной обмотки, а с резистивного делителя выходного напряжения. Резистивный делитель может быть выполнен на кристалле ИМС или в виде отдельного прибора. Импульсные стабилизаторы сначала преобразуют выходное напряжение в переменное с частотой > 20 кГц и затем – в стабилизированное выходное. В зависимости от способа подключения индуктивности и диода различают повышающий, понижающий и инвертирующий (понижающе-повышающий) импульсные стабилизаторы (рис.4) [6].

Основные параметры ИМС импульсных стабилизаторов напряжения производства НПО "Интеграл" приведены в табл.6.

Импульсные стабилизаторы напряжения имеют следующие преимущества по сравнению с линейными:

- более высокий КПД, когда $U_{вх} \gg U_{вых}$. В этом случае на проходном транзисторе нет постоянного тока $\frac{U_{вх} \cdot U_{вых}}{R_{тр}}$ и, следовательно, расширяется область применения стабилизатора по входному напряжению ($R_{тр}$ – сопротивление проходного транзистора);
- возможность понижения выходного напряжения, а также его повышения и инверсии. Линейный стабилизатор только понижает входное напряжение.

Таблица 5. Основные параметры ИМС управления импульсными источниками питания

ИМС	Напряжение питания, $U_{исс}$, В	Ток потребления, мА	Частота, кГц	Обратная связь по току	Защита			Технология	
					от перегрузок по току (ОСР, ОЛР)	от гистерезиса по питанию (UVLO)	от повышенного напряжения питания (OVP)		от пониженного напряжения питания
IL494	70–40	≤ 50	1–300	-	-	-	-	-	Биполярная
ILA4605-2, КР1087ЕУ1	75–15,5	≤ 16	10–100	-	+	+	+	+	Биполярная
ILA3842A IL3844	12–25 ≤ 500 В	≤ 17	10–500						
IL44608N40	при запуске 6,6–15 В рабочее	$\leq 3,6$	40 ± 4	+	+	+	+	-	Биполярная БикДМОП
IL44608N75		$\leq 4,0$	75 ± 7	+	+	+	+	+	
IL44608N100		$\leq 4,5$	100 ± 10						

**Таблица 6. Основные параметры ИМС импульсных стабилизаторов напряжения**

ИМС	U _{вых} , В	U _{вх} , В	I _{вых макс} , А	U _{ос} , В	Частота, кГц	Корпус	Технология
Понижающие стабилизаторы							
IL1501	Регулируемое 3,3; 5,0; 12	4,5–40	3	3,3; 5,0; 12 1,23	150	TO220 AB/5	Биполярная
IL1583 (в разработке)	Регулируемое	4,75–23	3	1,222	385	SOIC8	БиКДМОП
IL1591 (в разработке)	Регулируемое 1,2–21	6,5–32	2	1,23	330	SOIC8	БиКДМОП
Повышающие стабилизаторы							
IL9261 (в разработке)	1,5; 2,5; 3,3; 5,0	1,8–5,0	>0,06	1,2	120	б/к	КМОП
IL1937 (в разработке)	Регулируемое, используется для стабилизации тока светодиодов белого цвета	2,5–10	0,32 (тип)	0,095±0,009	1200±400	б/к	Биполярная

Недостаток ИМС импульсных стабилизаторов и ИМС управления импульсными источниками питания – дополнительные помехи и шумы. Чтобы предотвратить попадание помех в сеть переменного тока, применяются специальные заградительные фильтры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крерафт Д., Джерджи С. Аналоговая электроника. Схемы, системы, обработка сигнала. – М.: Техносфера, 2005.
2. ГОСТ 26949-86. Микросхемы интегральные, методы измерения электрических параметров непрерывных ста-

билизаторов напряжения.

3. Эннс В.И., Кобзев Ю.М. Проектирование аналоговых КМОП-микросхем. Краткий справочник разработчика. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005.
4. Ефименко С.А., Кособуцкая Н.В., Сякерский В.С., Шведов С.В. Микросхемы стабилизаторов напряжения для автомобильной электроники. – Компоненты и технологии, 2006, № 6, с. 110-111.
5. Колисниченко О.В., Шишигин И.В., Обрученков В.А. Интегральные микросхемы зарубежной бытовой видеоаппаратуры. – С.-Петербург.: Лань Виктория, 1995.
6. Джонс Х. Электроника – практический курс. – М.: Постмаркет, 1999.

Рейтинг ведущих поставщиков микроэлектромеханических систем в 2006 году

В результате опроса в феврале-марте 2007 года более 60 крупнейших организаций, специализирующихся в области микроэлектромеханических систем (МЭМС), фирма WTC (Wicht Technologie Consulting), занимающаяся исследованиями рынка МЭМС, вопросами расширения бизнеса и стратегического планирования, составила список 30 ведущих мировых изготовителей МЭМС и 10 ведущих "чистых" их производителей.

Первое место в списке ведущих поставщиков МЭМС по-прежнему занимает компания Texas Instruments. Благодаря высокому спросу на DLP-схемы доходы компании от продаж МЭМС в 2006 году составили 905 млн. долл., что на 15% больше чем в 2005-м. Однако, по мнению экспертов WTC, вследствие роста популярности ЖК- и плазменных экранов продажи DLP-схемы в будущем будут сокращаться.

По-прежнему в общем объеме продаж велика доля МЭМС-головок струйных принтеров. Основные производители – компании Hewlett Packard, Canon, Lexmark и Seiko. Крупным игроком в этом секторе рынка является и компания STMicroelectronics, ведущая разработки для своего партнера Hewlett Packard.

Важный источник доходов – сектор МЭМС для автомобильных систем. Ведущими поставщиками устройств этого типа являются компании Bosh, занимающая четвертое место в списке (доходы в 2006 году 374 млн. долл.), Freescale – девятое место (200 млн. дол.) и Honeywell – 16-е место (122 млн. долл.). Всего в этом секторе рынка действуют девять компаний. Основные изделия, способствующие его развитию, – гиросдатчики и акселерометры

для систем курсовой устойчивости (ESP) и датчики давления для систем контроля давления в шинах (TPMS).

В отчете фирмы WTC отмечается деятельность компании Avago – основного поставщика МЭМС-резонаторов на объемных акустических волнах. В 2006 году ею было отгружено 220 млн. таких резонаторов. Компания занимает восьмое место в списке. Появившаяся на рынке в 2002 году компания Formfactor – поставщик зондовых плат – в 2006 году увеличила свои доходы на 55% и заняла 20-е место в списке.

Доходы от контрактного производства МЭМС десяти ведущих чистых производителей составили 131 млн долл. (+30% по сравнению с предыдущим годом). Эти компании обслуживают от 15 до 60 заказчиков. Первое место в списке 2006 года заняла компания IMT (Innovative Micro Technology). Ее доходы от продаж МЭМС ИК-датчиков, оптических МЭМС и матричных переключателей постоянного тока для телекоммуникационных систем составили 21 млн. долл. против 13 млн. в 2005 году.

Особое место среди чистых производителей МЭМС занимают компании STMicroelectronics и Sony Semiconductor Kyushu (SCK), которые работают с одним ключевым заказчиком. У STM, как уже отмечалось, – это компания Hewlett Packard, у SCK – Knowles, которой она поставляет акустические МЭМС-преобразователи. И хотя доля МЭМС-устройств в общем объеме производства электронных изделий этих компаний невелика, доходы от их продаж внушительны – 240 млн. и 35 млн. долл., соответственно.

www.memsinvestorjournal.com